



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



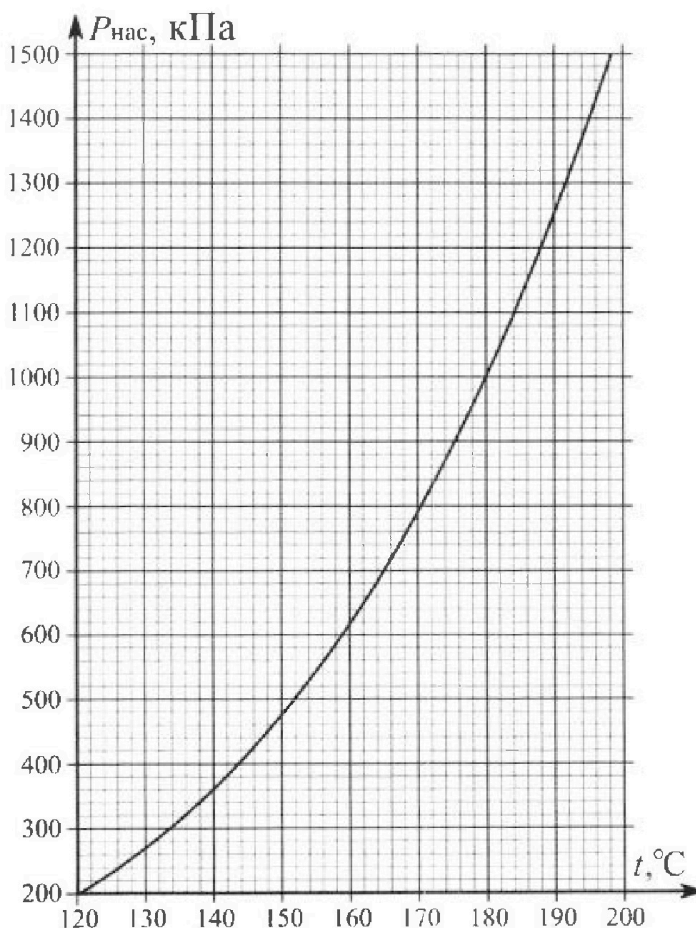
1. Из игрушечной пушки стреляют три раза одним и тем же снарядом. Масса пушки без снаряда в 4 раза больше массы снаряда. Первый раз пушку закрепляют, а ствол направляют вертикально вверх. В результате выстрела снаряд поднялся на высоту $H = 13/3$ м. Во второй раз пушку закрепляют на горизонтальном полу, ствол направляют под углом φ ($\operatorname{tg} \varphi = 2/3$) к горизонту и стреляют. Третий раз пушка может скользить по горизонтальной поверхности пола без трения, поступательно, не отрываясь от пола. Ствол при третьем выстреле направлен под углом φ к горизонту.

- 1) Найти дальность полета S_2 снаряда при втором выстреле.
- 2) На каком расстоянии S_3 от места выстрела снаряд упадет на пол при третьем выстреле?

Размеры пушки и сопротивление воздуха не учитывать. Снаряд вылетает под действием сжатой легкой пружины. Ответы дать в метрах в виде обыкновенной дроби или целого числа.

2. В цилиндрическом теплоизолированном сосуде с площадью основания $S = 10 \text{ см}^2$ под лёгким, теплоизолированным, способным свободно перемещаться поршнем находится в равновесии влажный воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 100\%$ при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Над поршнем вакуум. Поршень удерживается в равновесии силой $F = 150 \text{ Н}$, направленной вдоль оси сосуда внутрь. В некоторый момент времени сила становится равной $1,5F$, и затем остаётся постоянной. Считайте, что нормальное атмосферное давление $P_0 \approx 100 \text{ кПа}$. Воздух и водяной пар считать идеальными газами с молярными теплоемкостями при постоянном объеме $C_{V1} = 5R/2$ (сухой воздух), $C_{V2} = 3R$ (пар). На рисунке представлена зависимость давления насыщенного пара воды от температуры $P_{\text{нас}}(t)$.

- 1) Найти отношение начального равновесного давления P_1 к P_0 .
- 2) Найти в сосуде отношение числа молекул воды N_2 к числу молекул сухого воздуха N_1 .
- 3) Найти отношение температуры T_2 после установления термодинамического равновесия к начальной температуре T_1 . Температуры T_2 и T_1 по шкале Кельвина. Ответ дать в виде обыкновенной дроби.
- 4) Найти относительную влажность воздуха φ_2 в сосуде после установления термодинамического равновесия.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

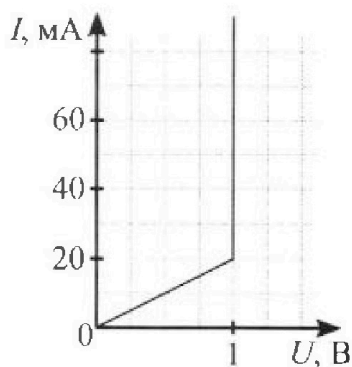
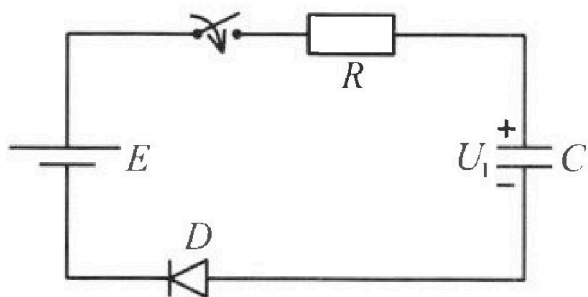
Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



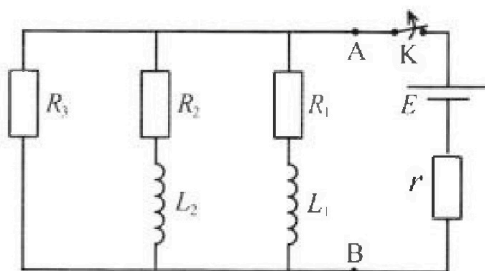
3. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника $E = 9$ В, $R = 100$ Ом, $C = 60$ мкФ, конденсатор заряжен до напряжения $U_1 = 3$ В. Вольтамперная характеристика диода D приведена на рисунке. Ключ разомкнут, затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_1 в цепи сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение U_2 на конденсаторе в момент, когда ток в цепи станет $I_2 = 20$ мА.
- 3) Какое количество теплоты Q выделится на резисторе после замыкания ключа?



4. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника E , $R_1 = R_2 = R$, $R_3 = 2R$, $r = R/5$, $L_1 = L$, $L_2 = 2L$. Ключ K замкнут, режим в цепи установился.

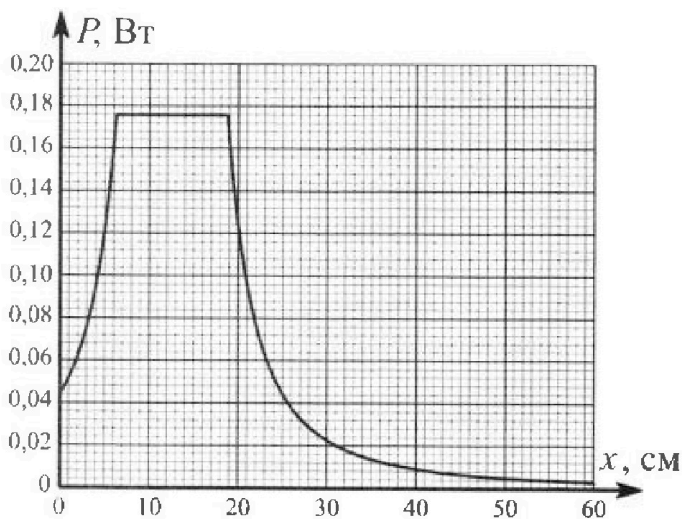
- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 при замкнутом ключе.
- 2) Найти скорость изменения (по модулю) тока в катушке L_1 сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти заряд q_3 , протекший через резистор R_3 после размыкания ключа.



Каждый ответ выразить через E , R , L с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. Точечный источник излучает свет одинаково по всем направлениям. На некотором расстоянии от него расположили датчик в форме диска, регистрирующий мощность P падающего света. Ось симметрии датчика проходит через источник. Между источником и датчиком на фиксированном расстоянии $a = 32$ см от источника расположили тонкую линзу радиусом $R = 2$ см так, что главная оптическая ось линзы совпала с осью симметрии датчика. На рисунке представлен график зависимости показаний датчика от расстояния x между линзой и датчиком.

- 1) Найти радиус датчика r , считая его меньше радиуса линзы.
- 2) Найти фокусное расстояние F линзы.
- 3) Найти мощность источника P_0 , считая $R \ll a$.





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

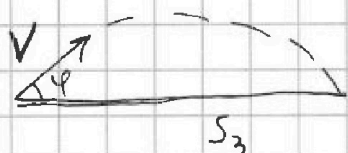
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$V^2 \frac{1 + 4(gt^2\varphi + 1)}{4(tg^2\varphi + 1)} = V_0^2, \text{ тогда } V^2 = V_0^2 \frac{4(tg^2\varphi + 1)}{4(tg^2\varphi + 1) + 1} \quad (2)$$

Далее рассмотрим траекторию полета снаряда для второго выстрела запишем 2 формулы



$$\begin{cases} 2V \cos \varphi t_3 = S_3 \\ V \sin \varphi = gt_3 \end{cases}, \text{ получим из них}$$

$$\frac{2V^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g} = S_3$$

$$\frac{2V^2}{g} \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi = S_3$$

$$S_3 = \frac{2V^2}{g} \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot \frac{1}{(tg^2\varphi + 1)}, \text{ подставим } V^2 \text{ из (2)}$$

$$S_3 = \frac{2}{g} V_0^2 \cdot \frac{\operatorname{tg}^2 \varphi}{tg^2\varphi + 1} \cdot \frac{4(tg^2\varphi + 1)}{4(tg^2\varphi + 1) + 1}, \text{ подставим } V_0 \text{ из (1)}$$

$$S_3 = \frac{2 \cdot 204}{g} \cdot \frac{4 \operatorname{tg} \varphi}{4(tg^2\varphi + 1) + 1} = \frac{16 H \operatorname{tg} \varphi}{4(tg^2\varphi + 1) + 1} = \frac{16 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{2}{3}}{4 \cdot \frac{4}{9} + 1} \text{ м} =$$

$$= \frac{16 \cdot \frac{26}{9}}{4 \cdot \frac{13}{9} + 1} \text{ м} = \frac{16 \cdot 26}{4 \cdot 13 + 9} \text{ м} = \frac{16 \cdot 26}{61} \text{ м} = \frac{416}{61} \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 26 \\ \hline 416 \end{array}$$

Ответ: 1) $S_2 = 8 \text{ м}$ 2) $S_3 = \frac{416}{61} \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

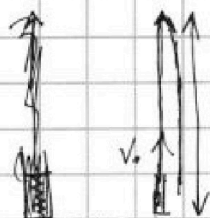
1 ☒2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Для начала рассмотрим первый выстрел:



Скарад поднимается на H , тогда

V_0 - начальная скорость, m - масса скарада.

Запишем ЗСЭ:

$$E_{n_0} + E_{k_0} = E_{n_1} + E_{k_1}$$

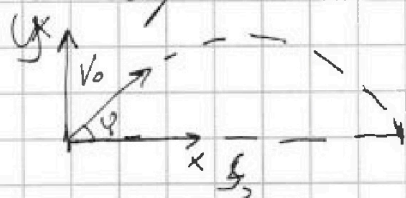
$$0 + \frac{mV_0^2}{2} = mgH + 0 \quad m \neq 0, \text{ где } E_{n.1} = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_0^2 = 2gH$$

$$V_0 = \sqrt{2gH} \quad (1)$$

$E_{n.1}$ - потенциальная энергия пружины.

Рассмотрим второй выстрел для него начальная скорость скарада будет та же, так как вся энергия стальной пружины переходит в скорость.



Запишем уравнения движения для осей x и y

$$2V_0 \cos \varphi t_2 = S_2, \text{ где } |t_2| - \text{наим.}$$

время полета, тогда подниматься

скарад будет время t_2 и спускаться - t_2 , так

как парабола симметрична. Запишем выражение для подъема груза: $V_0 \sin \varphi = gt$, так как в верхней точке вертикальная скорость равна 0, выразим t_2 .

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \varphi}{g}$$

оси x :

$$\frac{2V_0^2 \cos \varphi \sin \varphi}{g} = S_2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$S_2 = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{\tan \varphi \cos^2 \varphi}{\tan^2 \varphi + 1}. \text{ Выразим } \cos^2 \varphi \text{ через } \tan \varphi.$$

$$\frac{1}{\cos^2 \varphi} = \tan^2 \varphi + 1, \text{ тогда } \cos^2 \varphi = \frac{1}{\tan^2 \varphi + 1}, \text{ подставим.}$$

$$S_2 = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{\tan \varphi}{\tan^2 \varphi + 1}, \text{ подставим } V_0 \text{ из (1) уравнения.}$$

$$S_2 = \frac{4gH}{g} \cdot \frac{\tan \varphi}{\tan^2 \varphi + 1}$$

$$S_2 = 4H \cdot \frac{\tan \varphi}{\tan^2 \varphi + 1} = 4 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{4}{9} + 1} \text{ м} = 4 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{2}{3 \left(\frac{13}{9} \right)} \text{ м} = 4 \cdot \frac{13}{9} \cdot \frac{2 \cdot 9}{13} \text{ м} = 8 \text{ м}.$$

Теперь рассмотрим 3-й выстрел.
Для начала найдем начальную скорость заряда.

Запишем ЗСИ на ось X и ЗСЭ.



$mV \cos \varphi = 4m u$ (так как скорость пушки 0 и пушка даёт одинаковый импульс снаряду и пушке. Получим выражение:

$$V \cos \varphi = 4u, \text{ тогда } u = \frac{V \cos \varphi}{4}, \text{ запишем ЗСЭ}$$

$$\frac{mV^2}{2} + \frac{4mu^2}{2} = E_{\text{н.п.}}$$

$$\frac{mV^2}{2} + \frac{4m \left(\frac{V \cos \varphi}{4} \right)^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} \quad \left| \cdot \frac{2}{m} \neq 0 \right.$$

$$V^2 + 4u^2 = V_0^2, \text{ подставим значение } u.$$

$$V^2 + 4 \left(\frac{V \cos \varphi}{4} \right)^2 = V_0^2$$

$$V^2 + \frac{V^2 \cos^2 \varphi}{4} = V_0^2$$

$$V^2 + \frac{V^2}{4(\tan^2 \varphi + 1)} = V_0^2$$

$$\text{где } \cos^2 \varphi = \frac{1}{\tan^2 \varphi + 1}$$



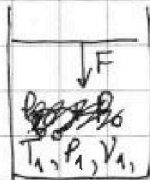
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
13 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N1



В начальный момент температура $t_1 = 100^\circ\text{C}$ — это температура кипения, при данной температуре

$P_{\text{нас}} = P_0$, тогда $P_1 = P_{\text{возд}_0} + P_0$, где $P_{\text{возд}_0}$ — давление сухого воздуха. Запишем уравнение равновесия поршня для начального момента:

$$F = P_1 S, \Rightarrow P_1 = \frac{F}{S}, \text{ тогда } \frac{P_1}{P_0} = \frac{F}{S P_0} = \frac{150 \text{ Н}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 15$$

$$= 15, \text{ тогда } \frac{P_1}{P_0} = \frac{P_{\text{возд}_0}}{P_0} + 1$$

$$\frac{P_{\text{возд}_0}}{P_0} = \frac{P_1}{P_0} - 1, \text{ запишем уравнение Менделеева-Клайперона}$$

$$\begin{cases} P_{\text{возд}_0} \cdot V = \frac{N_1}{N_A} R T_0 \\ P_0 V = \frac{N_2}{N_A} R T_0, \end{cases} \text{ где } V - \text{объем сосуда, так как действует закон суперпозиции, поделим уравнения почленно:}$$

$$\frac{P_{\text{возд}_0}}{P_0} = \frac{N_1}{N_2}, \text{ тогда } \frac{N_1}{N_2} = \frac{P_1}{P_0} - 1, \text{ следовательно}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{P_0}{P_1 - P_0} = \frac{1}{1,5 - 1} = 2$$

Так как сосуд теплоизолированный, то

$$A + \Delta U = 0.$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
14 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Реш. После становления $1,5F$ ~~$1,5F$~~ , начинается процесс при постоянном давлении, тогда.

$$A = -\frac{1,5F}{S} \Delta V, \text{ тогда } \Delta U = \frac{1,5F}{S} \Delta V, \text{ значит.}$$

$$\frac{5}{2} R \frac{N_1}{N_A} T_2 - \frac{5}{2} R \frac{N_1}{N_A} T_1 + 3R \frac{N_3}{N_A} T_2 - 3R \frac{N_2}{N_A} T_1 = \frac{1,5F}{S} \Delta V,$$

$$\text{где для всей смеси } p_1 = \frac{N_1 + N_2}{N_A} R T_1,$$

$$\frac{1,5F}{S} \cdot (V - \Delta V) = \frac{N_1 + N_3}{N_A} R T_2, \text{ разделим.}$$

$$\frac{1,5F}{S p_1} \left(\frac{V - \Delta V}{V} \right) = \frac{N_1 + N_3}{N_1 + N_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$1,5 - \frac{1,5 \Delta V}{V} = \frac{N_1 + N_3}{N_1 + N_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

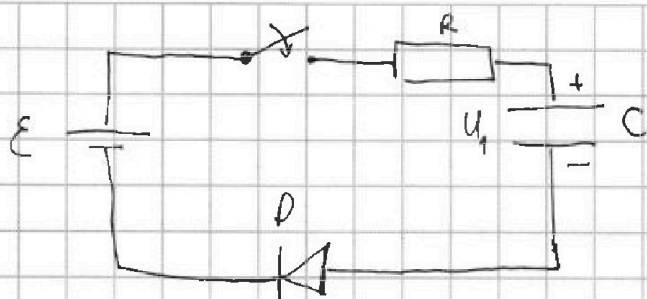
$$\text{Ответ: } 1) \frac{p_1}{p_0} = 1,5 \quad 2) \frac{N_2}{N_1} = 2$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Дано: $E = 9\text{В}$, $R = 100\text{Ом}$
 $C = 60\text{мкФ}$, $U_1 = 3\text{В}$.

- 1) Заметим, что в момент замыкания U_1 не меняется сразу же и на D , $U_{D1} = 1\text{В}$.
 Поскольку $E - U_1 > U_{D\text{откр}}$, где $U_{D\text{откр}}$ — напряжение открытия диода. Запишем уравнение для всей цепи:

$$E = I_1 R + U_1 + U_{D1}$$

$$I_1 R = E - U_1 - U_{D1}$$

$$I_1 = \frac{E - U_1 - U_{D1}}{R} = \frac{9\text{В} - 3\text{В} - 1\text{В}}{100\text{Ом}} = 0,05\text{А} = 50\text{мА}$$

- 2) Заметим, что так как течёт ток I_2 , то диод открыт, и $U_{D2} = U_{D\text{откр}} = 1\text{В}$. Запишем уравнение для схемы:

$$E = I_2 R + U_2 + U_{D2}$$

$$U_2 = E - I_2 R - U_{D2} = 9\text{В} - 100\text{Ом} \cdot 0,02\text{А} - 1\text{В} = 6\text{В}$$

- 3) Запишем ~~закон~~ закон сохранения энергии для схемы

$$A_{\text{ист}} - A_D = Q + \Delta W$$

где $A_{\text{ист}}$ — работа источника, A_D — работа потраченная на переход заряда через диод, ΔW — изменение потенциальной энергии.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$E \Delta q - A_D = Q + \frac{CU_3^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдём } U_3.$$

Запишем уравнение для цепи когда ток не течёт.

$$E = U_3 \Rightarrow U_3 = E, \text{ получим:}$$

$$E \Delta q - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдём } \Delta q; \Delta q = q_3 - q_1 = CU_3 - CU_1, \text{ подставим в уравнение.}$$

$$CE(U_3 - U_1) - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ где } U_3 = E.$$

$$CE(E - U_1) - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдём } A_D, \text{ в момент}$$

когда напряжение на конденсаторе ~~равно~~ $U_1 \leq U_c \leq U_2$,

$$A_{12} = (q_2 - q_1) U_{D_{откр}} = CU_{D_{откр}} (U_2 - U_1). \text{ Для момента}$$

когда ток $I < I_2$, можно записать небольшое

изменение работы: $dA_{23} = d q_c U_D$, где q_c - заряд

на конденсаторе, $U_D = \frac{E - q_c}{C} \cdot r$, где

r - "сопротивление" диода на участке $0 \leq I \leq I_{0A}$, так как ВАХ диода на данном участке соответствует резистору с сопротивлением: $r = \frac{1B}{0.02A} = 50 \Omega$.

Подставим U_D .

$$dA_{23} = d q_c \frac{Er}{C(R+r)} - \frac{d q_c q_c \cdot r}{C(R+r)} \text{ Проинтегрируем обе части:}$$

$$A_{23} = \frac{q_3(q_3 - q_2)Er}{2C(R+r)} - \frac{(q_3 - q_2)^2}{2C(R+r)} r, \text{ где } q_3 = CU_3 = CE, \text{ а } q_2 = CU_2.$$

Так как $A_D = A_{12} + A_{23}$, то получим:

$$CE(E - U_1) - CU_{D_{откр}}(U_2 - U_1) - \frac{Er}{R+r} CE(E - U_1) + \frac{C(E - U_2)^2}{2(R+r)} r = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Получаю: 0

$$Q = CE^2 - CEU_1 - CU_{\text{доп}}(U_2 - U_1) - \frac{CEr}{R+r}(E - U_2) + \frac{C(E - U_2)^2 r}{2(R+r)} - \frac{CE^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}$$

Подставляем значения:

$$\begin{aligned} Q &= (60 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 9 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 1(6 - 3) - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 50}{150} \cdot (9 - 6) + \\ &+ \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot (9 - 6)^2 \cdot 50}{2 \cdot 150} - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2}{2} + \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 3^2}{2}) D_m = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (9^2 - 3 \cdot 9 - 3 - \frac{9}{3} \cdot 3 + \frac{3^2}{2 \cdot 3} - \frac{9^2}{2} + \frac{3^2}{2})) D_m = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (81 - 27 - 3 - 9 + \frac{3}{2} - \frac{81}{2} + \frac{9}{2})) D_m = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (42 + 6 - \frac{81}{2})) D_m = (30 \cdot 10^{-6} (48 \cdot 2 - 81)) D_m = \\ &= (30 \cdot 10^{-6} \cdot 15) D_m = 450 \cdot 10^{-6} D_m = 0,45 \mu D_m. \end{aligned}$$

Ответ: 1) $I_1 = 50 \mu A$ 2) $U_2 = 6B$ 3) $Q = 0,45 \mu D_m$.

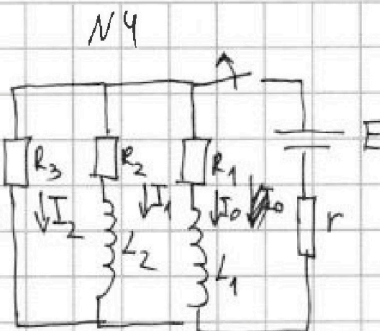


1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
7 ИЗ 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Нарисуем
схему и расставим
токи до замыкания
ключа.



Тогда напряжение на параллельных ветках:
Катушки напряжения не создают, так как ток установился.
 $E - (I_0 + I_1 + I_2)r = I_0 R_1 = I_1 R_2 = I_2 R_3$ по законам
Кирхгофа.

Выразим I_1, I_2 через I_0 .

$$I_1 = I_0 \frac{R_1}{R_2}, \quad I_2 = I_0 \frac{R_1}{R_3}, \quad \text{тогда подставляя}$$

эти значения получим:

$$E - \left(I_0 + I_0 \frac{R_1}{R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_3} \right) r = I_0 R_1$$

$$I_0 \left(R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2 \cdot r}{R_2 R_3} \right) = E, \quad \text{тогда:}$$

$$I_0 = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2 \cdot r}{R_2 R_3}} = \frac{E}{R + \frac{2R^2 + 2R^2 + R^2}{2R^2} \cdot \frac{R}{5}} = \frac{E}{1,5R} = \frac{2E}{3R}$$

2) Так как ток в катушках изначально не меняется, то
для ветви с L_1 получим следующие уравнения
ветви параллельной:

~~$$E - I_0 r = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$$~~

~~$$I_0 + I_1 + I_2 = I_3$$~~

~~$$I_0 R_1 = I_2 R_2$$~~

~~$$I_0 R_1 = I_2 R_2$$~~

~~$$I_0 = \frac{2E}{3R} \cdot R$$~~

Схема нашей цепи будет



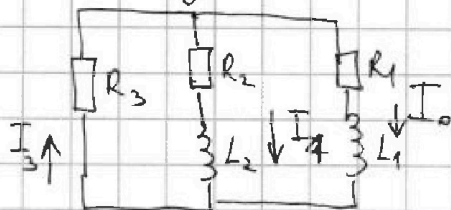
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
8 ИЗ 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

иметь вид:



Тогда $I_3 = I_4 + I_0$,

выразим подставив I_4 .

$I_3 = I_0 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$, подставим

I_0, R_1, R_2 .

$I_3 = I_0 \frac{2E}{3R} \cdot 2 = \frac{4E}{3R}$, тогда запишем

уравнение ~~и подставим I_0~~ Кирхгофа.

$\frac{2E}{3R} - I_0' L_1 = I_0 R_1 + I_3 R_3$

$I_0' = \frac{I_0 R_1 + I_3 R_3}{-L_1}$, подставим I_3, I_0, R_1, R_3 .

$I_0' = \frac{\frac{2E}{3R} \cdot R + \frac{4E}{3R} \cdot 2R}{-L} = \frac{-10E}{3L}$

3) Запишем два уравнения Кирхгофа в произвольный момент

$\begin{cases} -I_0' L_1 = I_{3x} R_3 + I_{0x} R_1 \\ -I_0' L_1 + I_1' L_2 = I_{0x} R_1 - I_{1x} R_2 \end{cases}$, где I_{0x}, I_{1x}, I_{3x} токи через R_1, R_2, R_3 соответственно в произвольный момент.

Также $I_{3x} = I_{0x} + I_{1x}$, тогда:

$\begin{cases} -I_0' L_1 = (I_{0x} + I_{1x}) R_3 + I_{0x} R_1 \\ -I_0' L_1 + I_1' L_2 = I_{0x} R_1 - I_{1x} R_2 \end{cases}$

$-I_0' L_1 = (I_{0x} + I_{1x}) R_3 + I_{0x} R_1$

$-I_0' L_1 + I_1' L_2 = I_{0x} R_1 - I_{1x} R_2$, подставим R_1, R_2, R_3, L_1, L_2



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

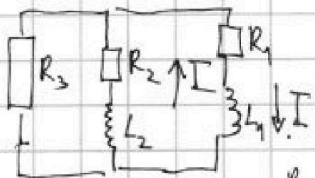
СТРАНИЦА
9 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{cases} -\frac{1}{2} \cdot I_{0x} R = 2I_{0x} R + 2I_{1x} R + I_{0x} R \\ -I_{0x} + 2I_{1x} = I_{0x} R - I_{1x} R \end{cases} \quad / \cdot 2 \text{ и сложим уравнения.}$$

$$-3I_{0x} + 4I_{1x} = I_{0x} R, \text{ проинтегрируем от начала до установившегося равновесия.}$$

$$-3L(I - I_0) + 4L(-I - I_1) = 5\Delta q_0 R, \text{ где } I = 0, \text{ так как в схеме}$$



$$\text{Подставим } I_1 = \frac{R_1}{R_2} I_0 = I_0.$$

$$-3L(I - I_0) + 4L(-I - I_0) = 5\Delta q_0 R.$$

$$-7LI + -4I_0 = 5\Delta q_0 R \quad (1), \text{ далее проинтегрируем:}$$

$$I_{3x} = I_{1x} + I_{0x}, \text{ далее проинтегр}$$

$$\Delta q_3 = \Delta q_1 + \Delta q_0 \quad (2), \text{ Подставим в (1) } I = 0, \text{ получим систему:}$$

$$\begin{cases} -LI_0 = 5\Delta q_0 R \quad (1) \\ \Delta q_3 = \Delta q_1 + \Delta q_0 \quad (2) \end{cases}$$

$$\text{Далее выразим } \Delta q_1.$$

$$\begin{cases} -LI_{0x} = 2I_{0x} R + 2I_{1x} R + I_{0x} R \\ -LI_{0x} + 2LI_{1x} = I_{0x} R - I_{1x} R \end{cases} \quad / \cdot 3 \text{ и вычтем.}$$

$$3LI_{0x} - LI_{0x} - 6LI_{1x} = 5I_{1x} R, \text{ проинтегрируем.}$$

$$2L(I - I_0) - 6L(-I - I_1) = 5\Delta q_1 R, \text{ подставим } I, I_0, I_1$$

$$-2LI_0 + 6LI_0 = 5\Delta q_1 R$$

$$\Delta q_1 = \frac{4LI_0}{5R},$$

$$\Delta q_2 = \frac{-LI_0}{5R}$$

из (1) тогда, тогда



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
10 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$U_3(2) \quad \Delta q_3 = \Delta q_1 + \Delta q_2 = \frac{3LI_0}{5R}, \text{ подставим } I_0 = \frac{2E}{3R},$$

$$\Delta q_3 = \frac{2LE}{5R^2}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{2E}{R}; 2) -\frac{10E}{3L}; 3) \frac{2LE}{5R^2}$$

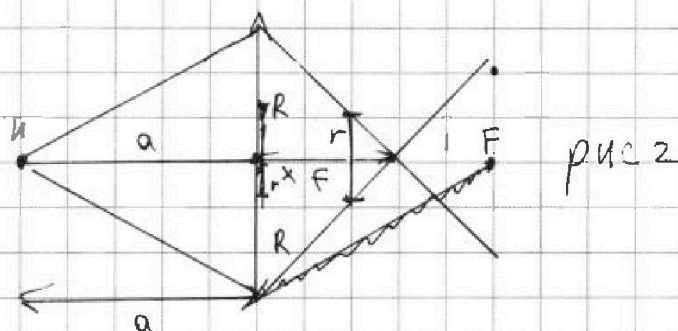
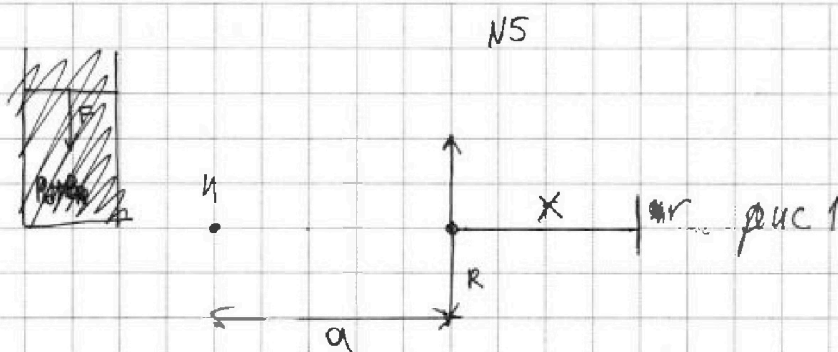


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
11 из 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



1) ~~части~~ ~~площади~~ ~~пространства~~ Мощность падающего света пропорциональна площади пространства которая попадает на датчик



$$\frac{P}{P_0} = \frac{S}{S_0} \quad \text{Тогда} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{S_1}{S_2}, \text{ где}$$

P_1 - мощность ~~падающего~~ когда датчик

вплотную к линзе, P_2 - максимальная мощность. Так как у них одинаковая S_0 , тогда

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\pi R^2 r^2}{\pi R^2}, \text{ тогда } r^2 = R \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}, \text{ найдем}$$

из графика P_1 и P_2 . $P_1 = 0,044 \text{ Вт}$, $P_2 = 0,176 \text{ Вт}$,

$$\text{тогда } r = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,044}{0,176}} \text{ см} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} \text{ см} = 1 \text{ см}.$$

2) Рассмотрим рис 2. на нем представлен



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
12 ИЗ 14

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

первый момент, когда P -max, в нём также,

$$\frac{r}{R} = \frac{f-x}{f} \quad \text{из подобия треугольников,}$$

тогда:

$$\frac{1}{2} = 1 - \frac{x}{f} \Rightarrow \frac{x}{f} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = 2x,$$

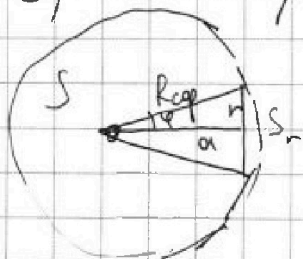
найдем x из графика. $x = 6 \text{ см}$, тогда

$f = 12 \text{ см}$. Запишем уравнение тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f} \Rightarrow F = \frac{af}{a+f} = \frac{32 \cdot 12}{32+12} = \frac{32 \cdot 12}{44} =$$

$$= \frac{96}{11} \text{ см} \approx 9 \text{ см}.$$

3) Рассмотрим момент, когда датчик вплотную



тогда $\frac{P_0}{P_1} = \frac{S}{S_r}$, где S - площадь всей окружности, S_r - площадь части окр, на которую опирается датчик. R_{cp} - радиус сферы,

тогда $R_{cp} = \sqrt{r^2 + a^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$

$= a$, т.к. $r = 2R \ll a$, тогда

$S_r \approx \pi r^2$ ($r \ll a$), где

a $S = 4\pi R_{cp}^2 = 4\pi a^2$, тогда

$$\frac{P_0}{P_1} = \frac{4\pi R_{cp}^2 a^2}{\pi r^2} \Rightarrow P_0 = P_1 \frac{4 \cdot a^2}{r^2} = 4 \cdot 2^{10} \cdot 0,044 \text{ Вт}$$

$= 4096 \cdot 0,044 \text{ Вт} \approx 44 \cdot 4,1 \text{ Вт} \approx 180 \text{ Вт}$ P_1 - из графика

Ответ: 1) $r = 1 \text{ см}$ 2) $F \approx 9 \text{ см}$ 3) $P_0 \approx 180 \text{ Вт}$.